Forêts Canada Forestry Canada

# Trois années d'applications aériennes expérimentales de *B.t.* à raison de 2,0 L/ha contre *C. fumiferana*

# Three years of experimental aerial application of *B.t.* at 2.0 L/ha against *C. fumiferana*

José R. Valéro

Rapport d'information/Information Report LAU-X-89B
Région du Québec/Quebec Region

## CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES

Le Centre de foresterie des Laurentides est un des six établissements régionaux et des deux instituts nationaux de Forêts Canada. Le Centre collabore avec divers organismes gouvernementaux, avec les intervenants de l'industrie forestière et avec les établissements d'enseignement dans le but de promouvoir, par des travaux de recherche et de développement, un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec.

Au Québec, les activités de Forêts Canada portent sur la recherche dans les domaines des ressources forestières et de la protection des forêts, et sur le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins des divers organismes intéressés à l'aménagement forestier. Les résultats de ces travaux sont diffusés sous forme de rapports techniques et scientifiques ou autres publications, et de conférences.

## LAURENTIAN FORESTRY CENTRE

The Laurentian Forestry Centre is one of six regional and two national establishments of Forestry Canada. The Centre cooperates with other government agencies, forest industry and educational institutions to promote through research and development the most efficient and rational management and use of Quebec's forests.

In Quebec, Forestry Canada's program consists of forest resources and protection research and forest development. Most research is undertaken in response to the needs of the various forest management agencies. The results of this research are distributed in the form of scientific and technical reports, other publications and conferences.

**Résultats de trois années d'applications aériennes expérimentales de *Bacillus thuringiensis* à raison de 2,0 L/ha contre *Choristoneura fumiferana* C.**

José R. Valéro

Rapport d'information LAU-X-89B
1989

Forêts Canada
Région du Québec

**Results of three years of experimental aerial application of *Bacillus thuringiensis* at 2.0 L/ha against *Choristoneura fumiferana* C.**

José R. Valéro

Information Report LAU-X-89B
1989

Forestry Canada
Quebec Region

93-02175/

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989
© Minister of Supply and Services Canada 1989

N° de catalogue/Catalog No. Fo46-18/89
ISSN 0835-1589
ISBN 0-662-57050-2
Imprimé au Canada/Printed in Canada

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires de cette publication auprès de:

**Forêts Canada, Région du Québec**
**Centre de foresterie des Laurentides**
**1055, rue du P.E.P.S.**
**C.P. 3800**
**Sainte-Foy (Québec)**
**G1V 4C7**

Limited additional copies of this publication are available at no charge from:

**Forestry Canada, Quebec Region**
**Laurentian Forestry Centre**
**1055 du P.E.P.S.**
**Sainte-Foy, Quebec**
**G1V 4C7**

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez:
Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

Copies or microfiches of this publication may be purchased from:
Micromedia Inc.
Place du Portage
165, Hôtel-de-Ville
Hull, Quebec
J8X 3X2

Photo de la couverture: Claude Moffet, Forêts Canada

Cover photo: Claude Moffet, Forestry Canada

L'exclusion de certains produits manufacturés ne signifie pas nécessairement que Forêts Canada les désapprouve et le fait que d'autres produits soient mentionnés ne signifie pas nécessairement qu'il les approuve.

Cette publication présente des résultats de recherche sur les pesticides. Tous les pesticides doivent être manipulés et utilisés selon les instructions. Tous les pesticides doivent être homologués par Agriculture Canada pour fin d'usage expérimental et approuvés par la province intéressée avant qu'on puisse les utiliser.

The exclusion of certain manufactured products does not necessarily imply disapproval nor does the mention of other products necessarily imply endorsement by Forestry Canada.

This publication reports on research involving pesticides. All pesticides must be handled and applied properly according to directions. All pesticides are registered by Agriculture Canada for experimental use and must have provincial approval before they can be applied.

## TABLE DES MATIÈRES

Page

RÉSUMÉ ..... iv

INTRODUCTION ..... 1

MATÉRIEL ET MÉTHODES ..... 2

Préparations commerciales de *B.t.* 3

Traitements aériens ..... 4

Évaluation des résultats ..... 4

RÉSULTATS ..... 4

DISCUSSION ET CONCLUSION .. 6

REMERCIEMENTS ..... 8

OUVRAGES CONSULTÉS ..... 8

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 1.** Résultats des dispersions aériennes expérimentales de *Bacillus thuringiensis* effectuées en 1985 contre *Choristoneura fumiferana* ..... 9

**Tableau 2.** Confirmation de l'efficacité de l'application aérienne de *Bacillus thuringiensis* à raison de 2,0 L/ha (volume final) pour la répression de *Choristoneura fumiferana.* Résultats comparatifs de dispersions opérationnelles «expérimentale» effectuées en 1986 et 1987 ..... 11

## TABLE OF CONTENTS

Page

ABSTRACT ..... iv

INTRODUCTION ..... 1

MATERIAL AND METHODS ..... 2

Commercial *B.t.* formula ..... 3

Aerial treatments ..... 4

Assessment of results ..... 4

RESULTS ..... 4

DISCUSSION AND CONCLUSION . 6

ACKNOWLEDGMENTS ..... 8

LITERATURE CITED ..... 8

## LIST OF TABLES

**Table 1.** Results of experimental aerial spraying of *Bacillus thuringiensis* performed in 1985 against *Choristoneura fumiferana* ..... 10

**Table 2.** Efficiency of aerial application of *Bacillus thuringiensis* at 2.0 L/ha (final volume) against *Choristoneura fumiferana.* Comparative results of experimental aerial spraying made in 1986 and 1987 .. 12

## RÉSUMÉ

Des dispersions aériennes expérimentales effectuées entre 1985 et 1987 montrent que *Bacillus thuringiensis* 3a3b (*B.t.*) peut être appliqué à raison de 2,0L/ha (volume final) pour réprimer efficacement *Choristoneura fumiferana* Clemens. Pour des doses de 22 à 25 x $10^9$ unités internationales/ha et pour des populations de *C. fumiferana* variant de 0,06 à 0,16 larves/bourgeon, ces applications ont provoqué la mortalité de 90 à 100 % des larves et ont limité la défoliaison à des taux se situant entre 2,3 et 15,8 %. Ces résultats se comparent avantageusement à ceux obtenus durant des épandages de *B.t.* à raison de 2,5 L/ha.

Par ailleurs, il a aussi été constaté que la suspension Futura XLV (préparation prête pour l'application aérienne à raison de 2,0 L/ha pour un dosage de 25 x $10^9$ U.I./ha) possède beaucoup de potentiel au point de vue efficacité et rentabilité pour la répression opérationnelle de *C. fumiferana* et la protection de feuillage des conifères.

## ABSTRACT

Experimental aerial spraying was carried out over 3 years; results show that *Bacillus thuringiensis* 3a3b (*B.t.*) can be applied at 2.0 L/ha (final volume) to efficiently control *C. fumiferana* Clemens. For dosages of 22 to 25 x $10^9$ International Units/ha and for *C. fumiferana* populations varying from 0.06 to 0.16 larvae/bud, these *B.t.* applications caused 90 to 100% mortality. Defoliation was limited between 2.3 and 15.8%. These results compare advantageously with those obtained during sprayings with *B.t.* at 2.5L/ha.

Moreover, it was also observed that the Futura XLV suspension (preparation ready for application at 2.0 L/ha for a dosage of 25 x $10^9$ I.U./ha) has great efficiency and economical potential for the operational control of *C. fumiferana* and conifer foliage protection.

## INTRODUCTION

Les recherches concernant les possibilités d'utiliser le *Bacillus thurigiensis* 3a3b (*B.t.*) pour la répression de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* Clemens (Lepidoptera: Tortricidae), ont permis de développer une suspension concentrée, efficace et économique de cet insecticide biologique (Smirnoff et Valéro, 1983; Morris, 1983 et 1984). Cette préparation dénommée Futura® permet d'épandre en une seule opération, la dose requise de *B.t.* (20 x $10^9$ unités internationales/ha) dans un volume final de 2,5 L/ha. Des dispersions aériennes expérimentales effectuées durant 5 années, à l'aide d'avions de diverses capacités (monomoteurs et quadrimoteurs), ont démontré que la préparation Futura® peut réduire les populations de l'insecte et protéger le feuillage des conifères, même si les populations de *C. fumiferana* sont très élevées (35 à 50 larves par bout de branches de 45 cm) (Smirnoff, 1985a et b; Smirnoff et collab., 1982; Smirnoff et Valéro, 1984; Morris, 1984)). De plus, des tests spéciaux ont montré que la préparation Futura® peut être utilisée efficacement pour la protection opérationnelle des forêts privées (Fillion et Smirnoff, 1985).

Compte tenu des grandes superficies forestières qui doivent être protégées lors d'une épidémie de *C. fumiferana*, il apparaît essentiel de réduire, de plusieurs façons, les coûts des applications opérationnelles de *B.t.* Ceci pourrait être réalisé en réduisant le volume final de suspension qui

## INTRODUCTION

Research into the potential of using *Bacillus thuringiensis* 3a3b (*B.t.*) for control of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens (Lepidoptera: Tortricidae), has led to the development of a concentrated, effective and economical suspension of this biological insecticide (Smirnoff and Valéro 1983; Morris 1983 and 1984). This formula, named Futura®, permits application in a single operation to obtain the required dosage of *B.t.* (20 x $10^9$ International Units/ha) in a final volume of 2.5 L/ha. Experimental aerial spraying operations carried out over 5 years with aircraft of various capacities (single- and four-engine) have demonstrated that the Futura® preparation can reduce populations of the insect and protect conifer foliage, even where *C. fumiferana* population density is very high (35 to 50 larvae per 45-cm branch tip) (Smirnoff 1985a and b; Smirnoff et al. 1982; Smirnoff and Valéro 1984; Morris 1984). Trials have also shown that the Futura® preparation can be used effectively for operational protection of private forests (Fillion and Smirnoff 1985).

Taking into account the vast forest areas that must be protected during a *C. fumiferana* epidemic, it is essential that the cost of operational *B.t.* application be reduced in various ways. This objective may be achieved by cutting back the final volume of suspension that must be

doit être dispersé par unité de superficie. Des expériences préliminaires tendaient à indiquer qu'il est possible d'appliquer *B.t.* à raison de 2,0 L/ha (Smirnoff, 1985b; E. Kettela, communication personnelle). Des dispersions aériennes expérimentales de diverses préparations de *B.t.* ont donc été réalisées de 1985 à 1987 pour déterminer si l'insecticide biologique *B.t.* appliqué à raison de 2,0 L/ha peut réprimer *C. fumiferana.*

dispersed per unit of surface area. Preliminary trials indicated that it was possible to apply *B.t.* at 2.0 L/ha (Smirnoff 1985b; E. Kettela, personal communication). Experimental aerial sprayings of various *B.t.* formulae were conducted from 1985 to 1987 to determine whether *B.t.* biological insecticide applied at 2.0 L/ha could control *C. fumiferana.*

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les traitements expérimentaux ont été réalisés en 1985, 1986 et 1987 dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et du Bas-Saint-Laurent (Québec), à l'aide d'un monomoteur Grumman Agcat 450 muni d'un système conventionnel d'arrosage (tuyères et gicleurs Teejet Flat Fan 8004) préalablement calibré.

Un total de huit parcelles forestières à prédominance de sapins (*Abies balsamea* [L.] Mill.) (60 %) et d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss.) rendus à maturité ont été traitées au cours de ces expérimentations. Six parcelles ont été arrosées de *B.t.* à raison de 2,0 L/ha (volume final) alors que les deux autres furent traitées par cet insecticide biologique à raison de 2,5 L/ha (tableaux 1 et 2). La superficie de chaque parcelle traitée en 1985 et 1986 était en général de 40 ha. En 1987, ces deux parcelles traitées faisaient partie d'un ensemble arrosé opérationnellement dans la région du Bas-Saint-Laurent (Québec) et leurs superficies étaient

## MATERIALS AND METHODS

The experimental treatments were carried out in 1985, 1986, and 1987 in the Saguenay/Lac St-Jean and Lower St. Lawrence regions of Quebec using a single-engine Grumman AgCat 450 equipped with a precalibrated conventional spraying system (booms and Teejet Flat Fan 8004 nozzles).

Eight blocks of mature forest dominated by fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.) (60%) and white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss.) were treated during the trials. Six blocks were sprayed with *B.t.* at 2.0 L/ha (final volume) while the other two were treated with the same biological insecticide at 2.5 L/ha (Tables 1 and 2). The average area of each block treated in 1985 and 1986 was 40 ha. In 1987, the two treated blocks were part of an area that had undergone operational spraying in the Lower St. Lawrence region. They measured 1 374 and 170 ha, respectively. The set included at least two 40-ha control blocks for each region treated (Tables 1 and 2).

respectivement de 1 347 et de 170 ha. Cet ensemble comprenait au moins deux parcelles témoins de 40 ha pour chaque région traitée (tableaux 1 et 2).

**Préparations commerciales de *B.t.***

Les suspensions de *B.t.* utilisées au cours de ces tests furent: a) la suspension Futura® FC (13,5 x $10^9$ unités internationales/litre) (U.I./L); b) préparation Futura® XLV (12,7 x $10^9$ U.I./L) de la Cie Solvay (Belgique); et c) le 64B (16,9 x $10^9$ U.I./L) de la Compagnie Zoecon (É.-U.). Ces insecticides biologiques furent appliqués comme suit:

**a) Futura** : Dispersée à raison de 2,5 ou 2,0 L/ha. Pour la formulation 2,5 L/ha (20 x $10^9$ U.I./ha), la composition comprenait: Futura®/eau/ adhésif Chevron® : 1,5L/1,0L/1,56 mL et pour la formulation 2,0 L/ha (16,6 x $10^9$ U.I./ha), 1,2 L/0,8 L/1,25 mL des mêmes ingrédients.

**b) Futura XLV**: Il est nécessaire de noter que cette préparation est livrée presque prête pour l'application aérienne. Il suffit de lui ajouter l'adhésif Chevron®. Il n'est donc pas nécessaire de la mélanger sur les aéroports. Futura® XLV a été dispersée à raison de 2,0L/ha tout en épandant une dose de 25 x $10^9$ U.I./ha, comme suit: pour 1 ha: XLV/Chevron®: 2,0 L/1,25 mL.

**c) 64B**: Appliqué à raison de 2,0 L/ha tout en dispersant 22 x $10^9$ U.I./ha, comprenant les proportions suivantes de 64B, eau, adhésif Chevron®: 1,33 L/0,67 L/ 1,25mL.

**Commercial *B.t.* formula**

The *B.t.* suspensions used in the trials were: (a) Futura® FC (13.5 x $10^9$ IU/L), (b) Futura® XLV (12.7 x $10^9$ IU/L) from Solvay (Belgium) and (c) 64B (16.9 x $10^9$ IU/L) from Zoecon (USA). These biological insecticides were applied as follows:

**a) Futura**: Sprayed at 2.5 or 2.0 L/ha. For the 2.5 L/ha formula (20 x $10^9$ IU/ha), the mix contained Futura®/water/Chevron® sticker in the proportions 1.5L/1.0L/1.56 mL. For the 2.0 L/ha formula (16.6 x $10^9$ IU/ ha), the same ingredients were mixed 1.2 L/0.8 L/1.25 mL.

**b) Futura XLV**: It should be noted that this preparation arrives almost ready for aerial spraying. The only step required is the addition of the Chevron® sticker and there is no need for mixing at the airfield. Futura® XLV was sprayed at 2.0 L/ha, yielding a dosage of 25 x 109 IU/ha, mixed as follows for 1 ha: XLV/Chevron®: 2.0 L/1.25 mL.

**c) 64B**: Applied at 2.0 L/ha, giving a dispersion of 22 x $10^9$ IU/ha, with a mix of 64B/water/Chevron® sticker in the proportions 1.33 L/0.67 L/1.25 mL.

**Traitements aériens**

Ces dispersions aériennes expérimentales ont été réalisées selon les normes suivantes:

- l'épandage a eu lieu lorsque la majorité des larves de *C. fumiferana* étaient au 3ième et 4ième âges et lorsque les bourgeons de *A. balsamea* étaient pleinement ouverts.
- Lors de l'épandage, le taux d'humidité était supérieur à 70 % et la vitesse des vents inférieure à 5 km/h.

**Évaluation des résultats**

L'efficacité des dispersions aériennes expérimentales en terme de dépôt de matières actives par unité de superficie a été déterminée d'une part par la quantité de spores viables de *B.t.* déposées par cm², et d'autre part par le nombre de gouttelettes/cm² (colonies par cm²) (Smirnoff et Valéro, 1984).

Par ailleurs, l'évaluation des populations de *C. fumiferana*, avant et après les traitements, ainsi que du potentiel de bourgeon et de la défoliaison a été réalisée selon les méthodes standards mises au point pour ce type d'analyses (Abbott, 1925; Fettes, 1950; Smirnoff et collab., 1982).

## RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour les applications expérimentales de *B.t.* sont décrits dans les tableaux 1 et 2.

Lors des dispersions de *B.t.* à raison de 2,0 L/ha, le nombre moyen de spores viables déposées au sol se situa entre

**Aerial treatments**

Experimental aerial spraying was conducted under the following conditions:

- the majority of *C. fumiferana* larvae were in stages 3 and 4 and *A. balsamea* buds were fully open;
- the humidity level was above 70% and the windspeed was below 5 km/h.

**Assessment of results**

The efficiency of experimental aerial spraying in terms of the depositing of active substance, was assessed by determining the quantity of active *B.t.* spores deposited per square centimetre as well as by the number of droplets per square centimetre (colonies per square centimetre) (Smirnoff and Valéro 1984).

Assessment of *C. fumiferana* populations (before and after treatments), bud potential and defoliation was carried out in accordance with the standard methods developed for such analyses (Abbott 1925; Fettes 1950; Smirnoff et al. 1982).

## RESULTS

The results obtained for the experimental *B.t.* applications are shown in Tables 1 and 2.

With spraying of *B.t.* at 2.0 L/ha, the average quantity of viable spores deposited on the ground ranged from 285 000 to

285 000 et 372 000 par cm² alors que la quantité de gouttelettes varia de 8,2 et 12,6/cm². Comparativement, au cours des épandages de *B.t.* à 2,5 L/ha, le dépôt au sol fut de l'ordre de 320 000 spores viables/cm² et de 10,2 à 11,7 gouttelettes/cm².

L'application du *B.t.* à raison de 2,0L/ha a eu comme résultat de réduire les populations de *C. fumiferana* et de protéger le feuillage des conifères. En effet, les épandages de *B.t.* ont provoqué la mortalité de plus de 90 % des tordeuses pour des populations de *C. fumiferana* se situant, avant traitement, entre 0,06 et 0,16 larves/bourgeon (tableaux 1 et 2). En ce qui concerne la protection du feuillage, avec des dosages supérieurs à $20 \times 10^9$ U.I./ha, les dispersions de *B.t.* à 2,0 L/ha ont permis de limiter la défoliaison finale à des taux se situant entre 2,3 et 15,8 %. Comparativement, sur des territoires témoins adjacents non traités avec des populations initiales similaires de *C. fumiferana*, la défoliaison finale fut de l'ordre de 59,0 à 82,8 %. Enfin, sur les parcelles traitées par *B.t.* à raison de 2,5 L/ha, les taux de réduction des populations de *C. fumiferana* se situèrent entre 93,3 et 100 % alors que la défoliaison finale varia de 10,7 à 14,6 % (tableaux 1 et 2).

Finalement, il est nécessaire de mentionner que la dispersion aérienne de Futura® XLV (suspension prête pour application) ne présenta aucune difficulté.

372 000 per square centimetre and the number of droplets varied between 8.2 and 12.6 per square centimetre. In comparison, spraying at 2.5 L/ha yielded ground deposit levels of 320,000 viable spores/cm$^2$ and 10.2 to 11.7 droplets/cm$^2$.

Application of *B.t.* at 2.0 L/ha reduced *C. fumiferana* populations and protected conifer foliage. The spraying caused budworm mortality of over 90% in *C. fumiferana* populations with pretreatment densities of 0.06 to 0.16 larvae/bud (Tables 1 and 2). In terms of foliage protection, with dosages over $20 \times 10^9$ IU/ha, application of *B.t.* at 2.0 L/ha made it possible to limit final defoliation to levels between 2.3 and 15.8%. In contrast, final defoliation levels in adjacent untreated control sites with similar initial *C. fumiferana* populations were on the order of 59.0 and 82.8%. In blocks treated with *B.t.* at 2.5 L/ha, budworm populations were reduced by between 93.3 and 100% and final defoliation ranged from 10.7 to 14.6% (Tables 1 and 2).

Finally, it should be noted that aerial dispersion of Futura® XLV (ready-to-use suspension) presented no difficulties.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les possibilités d'application de *B.t.* pour la répression opérationnelle de divers lépidoptères forestiers nuisibles, en particulier *C. fumiferana*, sont liées à différents facteurs d'efficacité, de sécurité et de rentabilité. À ce sujet, il est nécessaire de mentionner que le coût d'utilisation des avions d'arrosage a un impact majeur sur le coût de revient des épandages de *B.t.*, surtout en ce qui concerne la protection de vastes superficies forestières. Il est donc essentiel d'accroître au maximum la rentabilité des avions destinés à disperser *B.t.* Pour ce faire, il est possible de réduire le volume final de préparation de cet insecticide biologique à être épandu par unité de superficie.

Dans cette optique, du moins pour des niveaux modérés de populations de *C. fumiferana*, les résultats décrits précédemment tendent à montrer que l'application de *B.t.* à raison de 2,0 L/ha (volume final) tout en épandant une dose égale ou supérieure à $22 \times 10^9$ U.I./ha est aussi efficace qu'un épandage de ce bacille à raison de 2,5 L/ha et ce, autant du point de vue réduction des populations de l'insecte qu'au point de vue protection du feuillage des conifères. Ce résultat est fort intéressant. En effet, dans le cadre de l'application opérationnelle de *B.t.* et pour des niveaux de populations situés aux environs de 15 larves/45 cm, il est donc possible de réduire de 20 % le volume final de préparations de cet insecticide biologique appliqué par unité de superficie, et donc

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The potential of *B.t.* application for operational control of various lepidopteran forest pests, and *C. fumiferana* in particular, is linked to several efficiency, safety, and cost-effectiveness factors. Accordingly, the cost of operating spraying aircraft has a major impact on the total cost of *B.t.* spraying, especially where vast areas of forest are being protected. It is therefore essential to maximize the cost-effectiveness of the aircraft used to disperse *B.t.* This may be achieved by reducing the final volume of biological insecticide formula to be applied per unit of surface area.

For moderate populations levels of *C. fumiferana*, the results described above show that applying *B.t.* at 2.0 L/ha (final volume) while maintaining a dosage of at least $22 \times 10^9$ IU/ha is as effective as spraying a 2.5 L/ha in terms of both *C. fumiferana* population reduction and conifer foliage protection. This finding is interesting for the operational application of *B.t.* for population levels of approximately 15 larvae/45 cm. The final volume of preparations per unit surface area of this biological insecticide can be reduced by 20%, thus increasing aircraft cost-effectiveness by 20% and cutting down on the length of time required for aerial *B.t.* spraying. In this context, it would be most important to determine the efficiency of *B.t.* applications at 2.0 L/ha to control the

d'accroître de 20 % la rentabilité des avions tout en réduisant la période de temps nécessaire aux épandages aériens de *B.t.* Dans ce contexte, il serait donc fort important de déterminer l'efficacité des épandages de *B.t.* à raison de 2,0 L/ha pour réprimer des populations de *C. fumiferana* atteignant au moins 20 à 25 larves/45 cm.

Enfin, les résultats concernant les dispersions aériennes de la préparation Futura® XLV peuvent aussi avoir un impact positif sur la rentabilité de l'utilisation de *B.t.* pour la protection des forêts. En effet, Futura® XLV ou d'autres suspensions du même genre sont prêtes pour leur application par voie aérienne. Il n'est donc plus nécessaire de prévoir, sur les aéroports, des plans de mélange pour préparer les suspensions de ce bacille. Ceci peut permettre de réduire le temps d'application de *B.t.* et éviter les risques d'erreurs pouvant survenir lors de ces mélanges.

Ainsi, du moins en ce qui concerne des épandages à l'aide de monomoteurs Grumman AgCat, il semble possible d'appliquer *B.t.* à raison de 2,0 L/ha (volume final) pour réprimer efficacement et opérationnellement *C. fumiferana.* En outre, pour accroître encore plus la rentabilité de ces traitements, il serait nécessaire d'envisager l'emploi de suspensions de *B.t.* qui soient prêtes pour leur application aérienne.

*C. fumiferana* populations reaching at least 20 to 25 larvae/45 cm.

The results pertaining to the aerial dispersion of the Futura® XLV preparation can also have a positive impact on the cost-effectiveness of *B.t.* use for forest protection. Futura® XLV and other similar suspensions come ready for use in aerial spraying. It is therefore no longer necessary to plan for mixing of bacillus suspension at the airfield. *B.t.* application time can be reduced accordingly and mixing errors, prevented.

When spraying with single-engine Grumman AgCat aircraft, it appears possible to apply *B.t.* at 2.0 L/ha (final volume) for effective and operational control of *C. fumiferana.* In addition, to further increase the cost-effectiveness of treatments, consideration should be given to utilization of suspensions that come ready for use in aerial application.

**REMERCIEMENTS**

L'auteur remercie très sincèrement Messieurs Claude Villeneuve (Biologiste au CEGEP de St-Félicien), J.-P. Tremblay, ing.f. (Société Sylvicole de Chambord) et M. Bellavance, ing.f. (Syndicat des Producteurs de Bois du Bas-Saint-Laurent, Rimouski) pour leur précieuse collaboration. L'auteur remercie aussi M. D.S. Langlois pour son excellente assistance technique.

**ACKNOWLEDGMENTS**

The author expresses his sincere thanks to Claude Villeneuve (biologist at the CEGEP of St-Félicien), J.-P. Tremblay, F. Eng. (Société Sylvicole of Chambord) and M. Bellavance, F. Eng. (Syndicat des Producteurs de Bois du Bas-Saint-Laurent, Rimouski) for their valuable cooperation. Thanks also go to D.S. Langlois for his excellent technical assistance.

## OUVRAGES CONSULTÉS/LITERATURE CITED

**Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.

**Fettes, J.H. 1950.** Investigations of sampling techniques for population studies of the spruce budworm on balsam fir in Ontario. Ann. Tech. Rep. 14. Sault Ste. Marie, Ont. Forest Insect Laboratory.

**Fillion, D.; W.A. Smirnoff. 1985.** Bt-Futura: Moyen de lutte efficace contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette en forêts privées. L'Aubelle 45:8-11.

**Morris, O.N. 1983.** Comparative efficacy of thuricide 16 B and Dipel 88 against the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) in balsam fir stands. Can. Entomol. 115:1001-1006.

**Morris, O.N. 1984.** Field response of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera:Tortricidae) to dosages and volume rates of commercial *Bacillus thuringiensis*. Can. Entomol. 115:983-990.

**Smirnoff, W.A. 1985a.** Field tests of a highly concentrated formulation of *Bacillus thuringiensis* against spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera:Tortricidae). Can. Entomol. 117:877-881.

**Smirnoff, W.A. 1985b.** Field tests with a highly concentrated *Bacillus thuringiensis* formula against spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Lepidoptera:Tortricidae). Pages 55-59 *in* Proc. Symp. Microbiol. control of spruce budworm and gypsy moths. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn.

**Smirnoff, W.A.; A. Juneau; J.R. Valéro.** 1982. Essai d'une préparation ultra-concentrée de *Bacillus thuringiensis* contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Can. J. For. Res. 12:105-107.

**Smirnoff, W.A.; J.R. Valéro. 1983.** Characteristics of a highly concentrated *Bacillus thuringiensis* formulation against spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera:Tortricidae). Can. Entomol. 115:443-444.

**Smirnoff, W.A.; J.R. Valéro. 1984.** Test de calibration du système d'épandage d'un avion quadrimoteur DC-4G pour la dispersion de *Bacillus thuringiensis*. Rev. Res. Serv. can. forêts. 4(2):26-27.

**Tableau 1.** Résultats des dispersions aériennes expérimentales† de *Bacillus thuringiensis* effectuées en 1985 contre *Choristoneura fumiferana*

| Territoire N° | Superficie ha | Préparation appliquée | Volume final dispersé L/ha | Dosage x $10^9$ Unités Internationales/ha | Dépôt au sol* Nombre de spores viables de *B.t.*/cm² | Dépôt au sol* Nombre de gouttelettes/cm² | Population de tordeuse avant traitement Larves/ 45 cm | Population de tordeuse avant traitement Larves/ bourgeon | Réduction des populations de tordeuse Mortalité % | Défoliaison Finale % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 85-H | 40 | Futura ‡‡ Solvay® | 2,5 | 20 | 320 000 ± 120 000 | 11,7 ± 2,9 | 11,2 | 0,11 | 93,3 | 10,7 |
| 85-A | 40 | Futura ‡‡ Solvay® | 2,0 | 16,6 | 330 000 ± 130 000 | 8,8 ± 2,6 | 11,4 | 0,16 | 91,1 | 32,2 |
| 85-K | 40 | 64B Zoecon® £ | 2,0 | 22 | 285 000 ± 220 000 | 12,6 ± 5,2 | 13,3 | 0,07 | 97,5 | 3,7 |
| 85-M** | 40 | 64B Zoecon® £ | 2,0 | 22 | 285 000 ± 220 000 | 12,6 ± 5,2 | 8,9 | 0,06 | 100,0 | 2,3 |
| Témoins | | | | | | | 13,9 | 0,19 | 12,1 | 82,8 |

Notes:

† Épandages aériens accomplis à l'aide d'un monomoteur Grumman AgCat préalablement calibré et muni d'un système conventionnel d'arrosage (Tuyères + gicleurs Teejet Flat Fan 8004).

‡‡ Futura Solvay® : Chemagro Ltée - Mississauga-Ontario. Suspension composée de 1,5 partie de Futura® II + 1 partie d'eau + 1/1600 d'adhésif Chevron®, Ortho Chemicals Ontario.

£ 64B Zoecon® (É.U.): Suspension composée de 2 parties de 64B + 1 partie d'eau + 1/1600 de Chevron®.

* Dépôt au sol (quantités de matières actives atteignant les objectifs visés):
- Nombre de spores viables de *B. thuringiensis*/cm² déterminé par la méthode de numération;
- Nombre de gouttelettes/cm² évalué par la quantité de colonies de *B. thuringiensis* croissant sur géloses nutritives exposées lors des arrosages.

** Territoire M: Jeune peuplement (20 à 25 ans) de *Abies balsamea* et de *Picea* sp..

**Table 1.** Results of experimental aerial spraying[+] of *Bacillus thuringiensis* performed in 1985 against *Choristoneura fumiferana*

| Block N° | Area ha | Applied formula | Final dispersed volume L/ha | Dosage x $10^9$ IU/ha | Ground deposit* Viable *B.t.* spores/cm² | Ground deposit* Droplets/cm² | Budworm population before treatment Larvae/45 cm | Budworm population before treatment Larvae/bud | Budworm population reduction % mortality | Defoliation Final % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 85-H | 40 | Futura ++ Solvay® | 2.5 | 20 | 320 000 ± 120 000 | 11.7 ± 2.9 | 11.2 | 0.11 | 93.3 | 10.7 |
| 85-A | 40 | Futura ++ Solvay® | 2.0 | 16.6 | 330 000 ± 130 000 | 8.8 ± 2.6 | 11.4 | 0.16 | 91.1 | 32.2 |
| 85-K | 40 | 64B Zoecon® £ | 2.0 | 22 | 285 000 ± 220 000 | 12.6 ± 5.2 | 13.3 | 0.07 | 97.5 | 3.7 |
| 85-M** | 40 | 64B Zoecon® £ | 2.0 | 22 | 285 000 ± 220 000 | 12.6 ± 5.2 | 8.9 | 0.06 | 100.0 | 2.3 |
| Témoins | | | | | | | 13.9 | 0.19 | 12.1 | 82.8 |

Notes:

\+ Aerial spraying using single-engine Grumman AgCat precalibrated and equipped with conventional spraying system (booms and Teejet Flat Fan 8004 nozzles).

++ Futura Solvay®: Chemagro Ltd, Mississauga, Ontario. Suspension comprising 1.5 parts Futura® II + 1 part water + 1/1600 Chevron® sticker (Ortho Chemicals, Ontario).

£ 64B Zoecon® (USA). Suspension comprising 2 parts 64B + 1 part water + 1/1600 Chevron® sticker.

* Ground deposit (quantity of active substance reaching target):
- Number of viable *B. thuringiensis* spores/$cm^2$ determined by numeration method;
- Number of droplets/$cm^2$ assessed according to number of *B. thuringiensis* colonies growing on nutrient agar exposed during spraying.

** Block M: Young stand (20 to 25 years) of *Abies balsamea* and *Picea* sp.

**Tableau 2.** Confirmation de l'efficacité de l'application aérienne† de *Bacillus thuringiensis* à raison de 2,0 L/ha (volume final) pour la répression de *Choristoneura fumiferana*. Résultat comparatifs de dispersions opérationnelles «expérimentales» effectuées en 1986 et en 1987

| Territoire N° | Superficie ha | Préparation appliquée†† | Dosage x $10^9$ U.I./ha | Volume final L/ha | Dépôt au sol* | | Population de *C. fumiferana* avant traitement | | Réduction des populations de *C. fumiferana* % | Défoliation finale % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Nombre de spores viables de *B.t.*/$cm^2$ | Nombre de gouttelettes /$cm^2$ | Larves/ 45 cm | Larves/ bourgeons | | |
| | ANNÉE 1986 | | | | | | | | | |
| Témoin | | | | | | | 13,5 | 0,12 | 31,0 | 82,2 |
| 86-B | 50 | 64B Zoecon® | 22 | 2,0 | 322 000 ±128 000 | 8,2 ±1,8 | 14,8 | 0,16 | 90,0 | 9,1 |
| 86-P | 40 | 64B Zoecon® | 22 | 2,0 | 372 000 ±175 000 | 8,8 ±1,9 | 12,9 | 0,11 | 95,5 | 3,0 |
| | ANNÉE 1987 | | | | | | | | | |
| Témoin | | | | | | | 11,0 | 0,10 | 67,3 | 59,0 |
| 501A | 1 347 | Futura Solvay® | 20 | 2,5 | Non determiné | 10,2 ±2,3 | 9,0 | 0,07 | 100,0 | 14,6 |
| 501B | 170 | Futura XLV Solvay® | 25 | 2,0 | Non determiné | 8,5 ±2,6 | 13,0 | 0,11 | 96,9 | 15,8 |

Notes:

† Épandages aériens réalisés à l'aide d'un monomoteur Grumman AgCat muni d'un système conventionnel d'arrosages (Tuyères + gicleurs Teejet Flat Fan 8004).

†† Préparation: Pour 1 hectare
64B Zoecon® (É.U.): 64B/eau/adhésif/Chevron®: 1,33 L/0,66 L/1,25 mL.
Futura Solvay® (Ont.): Futura® II/eau/Chevron®: 1,5 L/1,0 L/1,56 mL.
Futura XLV-Solvay® (Belgique): Futura® XLV/Chevron®: 2,0 L/1,25 mL.

* Dépôt au sol (Quantités de matières actives atteignant les objectifs visés):
- Nombre de spores viables de *B. thuringiensis*/$cm^2$ determiné par la méthode de numération;
- Nombre de gouttelettes/$cm^2$ évalué par la quantité de colonies de *B. thuringiensis* croissant sur géloses nutritives exposées lors des arrosages.

**Table 2.** Efficiency of aerial application† of *Bacillus thuringiensis* at 2.0 L/ha (final volume) against *Choristoneura fumiferana*. Comparative results of experimental aerial apraying made in 1986 and 1987

| Block N° | Area ha | Applied formula†† | Dosage x $10^9$ IU/ha | Final Volume L/ha | Ground deposit* | | Budworm population before treatment | | Budworm population reduction % | Final Defoliation % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Viable *B.t.* spores/$cm^2$ | Droplets/ $cm^2$ | Larvae/ 45 cm | Larvae/ bud | | |
| | YEAR 1986 | | | | | | | | | |
| Control | | | | | | | 13.5 | 0.12 | 31.0 | 82.2 |
| 86-B | 50 | 64B Zoecon® | 22 | 2.0 | 322 000 ±128 000 | 8.2 ±1.8 | 14.8 | 0.16 | 90.0 | 9.1 |
| 86-P | 40 | 64B Zoecon® | 22 | 2.0 | 372 000 ±175 000 | 8.8 ±1.9 | 12.9 | 0.11 | 95.5 | 3.0 |
| | YEAR 1987 | | | | | | | | | |
| Control | | | | | | | 11.0 | 0.10 | 67.3 | 59.0 |
| 501A | 1 347 | Futura Solvay® | 20 | 2.5 | Not determined | 10.2 ±2.3 | 9.0 | 0.07 | 100.0 | 14.6 |
| 501B | 170 | Futura XLV Solvay® | 25 | 2.0 | Not determined | 8.5 ±2.6 | 13.0 | 0.11 | 96.9 | 15.8 |

**Notes:**

† **Aerial** spraying using single-engine Grumman AgCat precalibrated and equipped with conventional spraying system (booms and Teejet Flat Fan 8004nozzles).

†† **Preparation:** For 1 hectare
64B Zoecon® (USA): 64B/water/sticker/Chevron®: 1.33 L/0.66 L/1.25 mL.
Futura Solvay® (Ont.): Futura® II/water/Chevron®: 1.5 L/1.0 L/1.56 mL.
Futura XLV-Solvay® (Belgium): Futura® XLV/Chevron®: 2.0 L/1.25 mL.

* **Ground deposit** (quantity of active substance reaching target):
- Number of viable *B. thuringiensis* spores/$cm^2$ determined by numeration method;
- Number of droplets/$cm^2$ assessed according to number *B. thuringiensis* colonies growing on nutrient agar exposed during spraying.